

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/019572

International filing date: 27 December 2004 (27.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-434860
Filing date: 26 December 2003 (26.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 04 February 2005 (04.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

06.1.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年12月26日

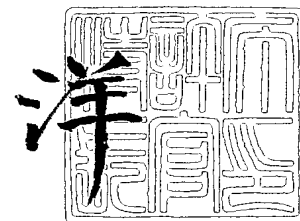
出願番号
Application Number: 特願2003-434860
[ST. 10/C]: [JP2003-434860]

出願人
Applicant(s): 東京エレクトロン株式会社

2004年 9月29日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



出証番号 出証特2004-3087240

【書類名】 特許願
【整理番号】 JPP032303
【あて先】 特許庁長官殿
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター 東京エレクトロン株式会社内
 【氏名】 村上 誠志
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター 東京エレクトロン株式会社内
 【氏名】 多田 國弘
【特許出願人】
 【識別番号】 000219967
 【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100079108
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 稲葉 良幸
【選任した代理人】
 【識別番号】 100080953
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 田中 克郎
【選任した代理人】
 【識別番号】 100093861
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 大賀 眞司
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 011903
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

四塩化チタンとアンモニアを反応させることにより、被処理基板上に窒化チタン膜を成膜する成膜方法であって、

前記四塩化チタンと前記アンモニアを供給律速領域において反応させることにより、前記被処理基板上に第 1 の窒化チタン層を形成する第 1 のステップと、

前記四塩化チタンと前記アンモニアを反応律速領域において反応させることにより、前記第 1 の窒化チタン層上に第 2 の窒化チタン層を形成する第 2 のステップとを備えたことを特徴とする成膜方法。

【請求項 2】

前記第 1 のステップにおける前記アンモニアに対する前記四塩化チタンの分圧比は、前記第 2 のステップにおける当該分圧比より高いことを特徴とする請求項 1 に記載の成膜方法。

【請求項 3】

前記第 1 のステップにおける前記分圧比は 0. 1 3 以上 0. 2 未満であり、前記第 2 のステップにおける前記分圧比は 0. 2 以上 1. 5 未満であることを特徴とする請求項 2 に記載の成膜方法。

【請求項 4】

前記第 1 のステップにおける前記被処理基板の温度は、前記第 2 のステップにおける前記被処理基板の温度より低いことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の成膜方法。

【請求項 5】

前記第 1 のステップにおける前記被処理基板の温度は 4 0 0 ℃未満であって、前記第 2 のステップにおける前記被処理基板の温度は 4 0 0 ℃以上であることを特徴とする請求項 4 に記載の成膜方法。

【請求項 6】

四塩化チタンとアンモニアを反応させることにより、チャンバ内で被処理基板上に窒化チタン膜を成膜する成膜方法であって、

前記チャンバ内の圧力が 3.94×10^{-4} 気圧以上 1.32×10^{-2} 気圧以下となる範囲において、前記四塩化チタンの流量に対する前記アンモニアの流量が第 1 の流量比となるように前記四塩化チタン及び前記アンモニアを前記チャンバに供給することにより、前記被処理基板上に第 1 の窒化チタン層を形成する第 1 のステップと、

前記チャンバ内の圧力が 3.94×10^{-4} 気圧以上 1.32×10^{-2} 気圧以下となる範囲において、前記四塩化チタンの流量に対する前記アンモニアの流量が第 1 の流量比より小さい第 2 の流量比となるように前記四塩化チタン及び前記アンモニアを前記チャンバに供給することにより、前記第 1 の窒化チタン層上に第 2 の窒化チタン層を形成する第 2 のステップとを備えたことを特徴とする成膜方法。

【請求項 7】

前記第 1 の流量比は、2. 5 以上 6 0 以下であることを特徴とする請求項 6 に記載の成膜方法。

【請求項 8】

前記第 1 の流量比は、2. 5 以上 1 5 以下であることを特徴とする請求項 6 に記載の成膜方法。

【請求項 9】

前記第 1 の流量比は 1 6 以上であって、前記第 2 の流量比は 1 6 未満であることを特徴とする請求項 6 に記載の成膜方法。

【請求項 1 0】

前記第 2 の流量比は、0. 3 以上 1 0 以下であることを特徴とする請求項 9 に記載の成膜方法。

【請求項 11】

前記第1のステップ及び前記第2のステップは、チャンバ内に前記被処理基板を載置することにより、前記第1の窒化チタン膜及び前記第2の窒化チタン膜を成膜しており、

当該成膜方法は、前記第1のステップ及び前記第2のステップの少なくとも一方の後に、前記チャンバ内をパージガスでパージするステップをさらに備えたことを特徴とする請求項1から10のいずれか1項に記載の成膜方法。

【請求項 12】

前記パージガスは、窒素ガス、水素ガス、及びアルゴンガスのうちの少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項11に記載の成膜方法。

【請求項 13】

前記第1のステップ及び前記第2のステップの少なくとも一方の後に、前記第1の窒化チタン層及び前記第2の窒化チタン層の少なくとも一方を、窒素原子又は水素原子を含むガスでアニールするステップをさらに備えたことを特徴とする請求項1から12のいずれか1項に記載の成膜方法。

【請求項 14】

前記窒素原子又は水素原子を含むガスは、アンモニアガス、水素ガス、窒素ガス、及びモノメチルヒドラジンガスのうちの少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項13に記載の成膜方法。

【請求項 15】

請求項1から14のいずれか1項に記載の成膜方法により成膜された窒化チタン膜を備えたことを特徴とする半導体装置。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 成膜方法及び半導体装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、四塩化チタン (TiCl_4) とアンモニア (NH_3) とを反応させることにより、被処理基板上に窒化チタン (TiN) 膜を成膜する成膜方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の TiN 膜を成膜する成膜方法として、特開 2000-68232 号公報 (特許文献 1) に開示されたものがある。上記特許文献 1 に開示された成膜方法では、 TiCl_4 対 NH_3 の流量比を変えて TiN 膜を成膜している。

【特許文献 1】 特開 2000-68232 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上記特許文献 1 に開示された従来の成膜方法では、 TiCl_4 対 NH_3 の流量比が適切に設定されていないため、成膜中に生成した TiCl_x ($x=1\sim 4$) の Cl や HCl により、下地膜がエッチングされてしまうという問題が生じていた。下地膜がエッチングされてしまうことにより、例えば、下地膜が導電層の場合には、導電層との間で膜剥がれが起き、コンタクト抵抗が増加してしまい、また、下地膜が誘電体膜の場合には、当該誘電体膜の静電容量が低下してしまい、ひいては素子のデバイス特性が低下するという問題が生じていた。

【0004】

よって、本発明は、上記の課題を解決することのできる成膜方法及び半導体装置を提供することを目的とする。この目的は特許請求の範囲における独立項に記載の特徴の組み合わせにより達成される。また従属項は本発明の更なる有利な具体例を規定する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために、本発明の第 1 の形態によれば、四塩化チタンとアンモニアを反応させることにより、被処理基板上に窒化チタン膜を成膜する成膜方法であって、前記四塩化チタンと前記アンモニアを供給律速領域において反応させることにより、前記被処理基板上に第 1 の窒化チタン層を形成する第 1 のステップと、前記四塩化チタンと前記アンモニアを反応律速領域において反応させることにより、前記第 1 の窒化チタン層上に第 2 の窒化チタン層を形成する第 2 のステップとを備えたことを特徴とする成膜方法を提供する。また、前記第 1 のステップにおける前記アンモニアに対する前記四塩化チタンの分圧比は、前記第 2 のステップにおける前記分圧比より高いことが好ましい。例えば、前記第 1 のステップにおける前記分圧比は 0.13 以上 0.2 未満であり、前記第 2 のステップにおける前記分圧比は 0.2 以上 1.5 未満である。

【0006】

かかる構成によれば、第 1 のステップでは四塩化チタンの供給律速となる領域において第 1 の窒化チタン膜を成膜するため、成膜された第 1 の窒化チタン層中の四塩化チタンの濃度、及び反応により生じた塩素ガスや塩酸ガスといった腐食性ガスの濃度はきわめて低い。したがって、下地層が腐食性ガスによりエッチングされ易い材料により構成される場合であっても、第 1 のステップにおいて下地層のエッチングを抑えることができる。

【0007】

また、かかる構成によれば、第 2 のステップにおいて反応律速となる領域で第 2 の窒化チタン膜を成膜するため、良好なステップカバレッジを得ることができる。また、第 2 の窒化チタン膜を成膜する第 2 のステップでは、下地層は第 1 の窒化チタン膜で覆われている。第 2 のステップにおいて反応律速領域で第 2 の窒化チタン膜を成膜した場合であっても、下地層のエッチングを抑えることができる。すなわち、かかる構成によれば、下地層

のエッチングを抑えつつ、ステップカバレッジの良好な窒化チタン膜を成膜することができる。

【0008】

また、前記第1のステップにおける前記被処理基板の温度は、前記第2のステップにおける前記被処理基板の温度より低いことが好ましい。この場合、前記第1のステップにおける前記被処理基板の温度は400℃未満であって、前記第2のステップにおける前記被処理基板の温度は400℃以上であることが好ましい。

【0009】

かかる構成によれば、下地層のエッチングを抑えつつ、さらに塩素濃度が低く、低抵抗な窒化チタン膜を成膜することができる。ひいては、デバイス特性の良好な素子を形成することができる。

【0010】

本発明の第2の形態によれば、上記の成膜方法により成膜された窒化チタン膜を備えたことを特徴とする半導体装置を提供する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、図面を参照しつつ、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではなく、また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせのすべてが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【0012】

図1は、本実施形態に係る成膜方法を実施するTi成膜装置及びTiN成膜装置が搭載されたマルチチャンバタイプの成膜システム100を示す概略構成図である。

【0013】

成膜システム100は、プラズマCVDによりTi膜を成膜する2つのTi成膜装置1及び2、並びに熱CVDによりTiN膜を成膜する2つのTiN成膜装置3及び4の合計4つの成膜装置を有しており、これら成膜装置1、2、3及び4は、六角形をなすウェハ搬送室5の4つの辺にそれぞれ対応して設けられている。なお、本例において成膜システム100は、Ti成膜装置1及び2、並びにTiN成膜装置3及び4を有して構成されるが、他の例においては、Ti成膜装置1に代えて誘電体成膜装置を有して構成されてもよい。また、成膜システム100は、誘電体成膜装置をさらに有して構成されてもよい。

【0014】

ウェハ搬送室5の他の2つの辺にはそれぞれロードロック室6及び7が設けられている。これらロードロック室6及び7におけるウェハ搬送室5と反対側にはウェハ搬入出室8が設けられており、ウェハ搬入出室8のロードロック室6及び7と反対側には、被処理基板の一例であるウェハWを収容するウェハ収容器である3つのフープ（FOUP）Fを取り付け、成膜システム100に対してウェハWを搬入出するポート9、10及び11が設けられている。

【0015】

Ti成膜装置1及び2は、それぞれTi成膜チャンバ51を有し、TiN成膜装置3及び4は、それぞれTiN成膜チャンバ151を有し、これらTi成膜チャンバ51、TiN成膜チャンバ151、並びにロードロック室6及び7は、同図に示すように、ウェハ搬送室5の各辺にゲートバルブGを介して接続され、これらは各ゲートバルブGを開放することによりウェハ搬送室5と連通され、各ゲートバルブGを閉じることによりウェハ搬送室5から遮断される。また、ロードロック室6及び7のウェハ搬入出室8に接続される部分にもゲートバルブGが設けられており、ロードロック室6及び7は、ゲートバルブGを開放することによりウェハ搬入出室8に連通され、これらを閉じることによりウェハ搬入出室8から遮断される。

【0016】

ウェハ搬送室5内には、Ti成膜装置1及び2、TiN成膜装置3及び4、並びにロードロック室6及び7に対して、ウェハWの搬入出を行うウェハ搬送装置12が設けられて

いる。このウェハ搬送装置 12 は、ウェハ搬送室 5 の略中央に配設されており、回転及び伸縮可能な回転・伸縮部 13 の先端にウェハ W を保持する 2 つのブレード 14 a 及び 14 b を有しており、これら 2 つのブレード 14 a 及び 14 b は互いに反対方向を向くように回転・伸縮部 13 に取り付けられている。また、2 つのブレード 14 a 及び 14 b は個別に又は同時に伸縮可能である。なお、このウェハ搬送室 5 内は所定の真空度に保持されるようになっている。

【0017】

ウェハ搬入出室 8 の天井部には H E P A フィルタ（図示せず）が設けられており、この H E P A フィルタを通過した清浄な空気がウェハ搬入出室 8 内にダウフロー状態で供給され、大気圧の清浄空気雰囲気中でウェハ W の搬入出が行われるようになっている。ウェハ搬入出室 8 のフープ F 取り付け用の 3 つのポート 9、10 及び 11 にはそれぞれシャッター（図示せず）が設けられており、これらポート 9、10 及び 11 にウェハ W を収容した又は空のフープが直接取り付けられ、取り付けられた際にシャッターが外れて外気の侵入を防止しつつウェハ搬入出室 8 と連通するようになっている。また、ウェハ搬入出室 8 の側面にはアライメントチャンバ 15 が設けられており、そこでウェハ W のアライメントが行われる。

【0018】

ウェハ搬入出室 8 内には、フープ F に対するウェハ W の搬入出及びロードロック室 6 及び 7 に対するウェハ W の搬入出を行うウェハ搬送装置 16 が設けられている。このウェハ搬送装置 16 は、多関節アーム構造を有しており、フープ F の配列方向に沿ってレール 18 上を走行可能となっており、その先端のハンド 17 上にウェハ W を載せてその搬送を行う。

【0019】

ウェハ搬送装置 12 及び 16 の動作等、成膜システム 100 全体の制御は、制御部 19 によって行われる。

【0020】

このような成膜システム 100 においては、まず、大気圧の清浄空気雰囲気中に保持されたウェハ搬入出室 8 内のウェハ搬送装置 16 により、いずれかのフープ F からウェハ W を一枚取り出してアライメントチャンバ 15 に搬入し、ウェハ W の位置合わせを行う。次いで、ウェハ W をロードロック室 6 及び 7 のいずれかに搬入し、そのロードロック室内を真空引きした後、ウェハ搬送室 5 内のウェハ搬送装置 12 によりそのロードロック内のウェハを取り出し、ウェハ W を T i 成膜装置 1 又は 2 の T i 成膜チャンバ 51 内に装入して T i 膜の成膜を行い、T i 成膜後、ウェハ搬送装置 12 によりウェハ W を T i 成膜チャンバ 51 から取り出し、引き続き T i N 成膜装置 3 又は 4 の T i N 成膜チャンバ 151 に装入して T i N 膜の成膜を行う。すなわち、T i 成膜及び T i N 成膜は、*in-situ* で連続的に実施される。その後成膜後のウェハ W をウェハ搬送装置 12 によりロードロック室 6 及び 7 のいずれかに搬入し、その中を大気圧に戻した後、ウェハ搬入出室 8 内のウェハ搬送装置 16 によりロードロック室内のウェハ W を取り出し、フープ F のいずれかに収容される。このような動作を 1 ロットのウェハ W に対して行い、1 セットの処理が終了する。

【0021】

図 2 は、T i N 成膜装置 3 を示す断面図である。T i N 成膜装置 3 及び 4 は、同一の構成を有するため、以下において T i N 成膜装置 3 についてその構成を説明する。T i 成膜装置 3 は、上述したように T i N 成膜チャンバ 151 を有している。この T i N 成膜チャンバ 151 は、気密に構成された略円筒状のチャンバであり、その中にはウェハ W を水平に支持するためのサセプタ 52 がその中央下部に設けられた円筒状の支持部材 53 により支持された状態で配置されている。

【0022】

このサセプタ 52 は A l N 等のセラミックスからなり、その外縁部にはウェハ W をガイドするためのガイドリング 54 が設けられている。また、サセプタ 52 にはヒータ 55 が埋め込まれており、このヒータ 55 はヒータ電源 56 から給電されることによりウェハ W

を所定の温度に加熱する。サセプタ 52 には、下部電極として機能する電極 58 がヒータ 55 の上に埋設されている。

【0023】

チャンバ 151 の天壁 151a には、絶縁部材 59 を介してシャワーヘッド 60 が設けられている。このシャワーヘッド 60 は、上段ブロック体 60a、中段ブロック体 60b、下段ブロック体 60c で構成されている。下段ブロック体 60c の外周近傍には、リング状をなすヒータ 96 が埋設されており、このヒータ 96 はヒータ電源 97 から給電されることにより、シャワーヘッド 60 を所定温度に加熱することが可能となっている。

【0024】

下段ブロック体 60c にはガスを吐出する吐出孔 67 と 68 とが交互に形成されている。上段ブロック体 60a の上面には、第 1 のガス導入口 61 と、第 2 のガス導入口 62 とが形成されている。上段ブロック体 60a の中では、第 1 のガス導入口 61 から多数のガス通路 63 が分岐している。中段ブロック体 60b にはガス通路 65 が形成されており、上記ガス通路 63 が水平に延びる連通路 63a を介してこれらガス通路 65 に連通している。また、上段ブロック体 60a の中では、第 2 のガス導入口 62 から多数のガス通路 64 が分岐している。中段ブロック体 60b にはガス通路 66 が形成されており、上記ガス通路 64 がこれらガス通路 66 に連通している。さらにこのガス通路 66 が中段ブロック体 60b 内に水平に延びる連通路 66a に接続されており、この連通路 66a が下段ブロック体 60c の多数の吐出孔 68 に連通している。

【0025】

ガス供給機構 110 は、クリーニングガスである C_1F_3 ガスを供給する C_1F_3 ガス供給源 111、Ti 含有ガスである TiCl_4 ガスを供給する TiCl_4 ガス供給源 112、 N_2 ガスを供給する第 1 の N_2 ガス供給源 113、窒化ガスである NH_3 ガスを供給する NH_3 ガス供給源 114、 N_2 ガスを供給する第 2 の N_2 ガス供給源 115 を有している。そして、 C_1F_3 ガス供給源 111 には C_1F_3 ガス供給ライン 116 が、 TiCl_4 ガス供給源 112 には TiCl_4 ガス供給ライン 117 が、第 1 の N_2 ガス供給源 113 には第 1 の N_2 ガス供給ライン 118 が、 NH_3 ガス供給源 114 には NH_3 ガス供給ライン 119 が、第 2 の N_2 ガス供給源 115 には第 2 の N_2 ガス供給ライン 120 が、それぞれ接続されている。また、図示しないが Ar ガス供給源も有している。そして、各ガス供給ラインにはマスフローコントローラ 122 およびマスフローコントローラ 122 を挟んで 2 つのバルブ 121 が設けられている。また、 TiCl_4 ガス供給ライン 117 には、排気管 87 と繋がるプリフローライン 124 が接続されている。

【0026】

シャワーヘッド 60 の第 1 のガス導入口 61 には TiCl_4 ガス供給源 112 から延びる TiCl_4 ガス供給ライン 117 が接続されており、この TiCl_4 ガス供給ライン 117 には C_1F_3 ガス供給源 111 から延びる C_1F_3 ガス供給ライン 116 および第 1 の N_2 ガス供給源 113 から延びる第 1 の N_2 ガス供給ライン 118 が接続されている。また、第 2 のガス導入口 62 には NH_3 ガス供給源 114 から延びる NH_3 ガス供給ライン 119 が接続されており、この NH_3 ガス供給ライン 119 には、第 2 の N_2 ガス供給源 115 から延びる第 2 の N_2 ガス供給ライン 120 が接続されている。したがって、プロセス時には、 TiCl_4 ガス供給源 112 からの TiCl_4 ガスが第 1 の N_2 ガス供給源 113 からの N_2 ガスとともに TiCl_4 ガス供給ライン 117 を介してシャワーヘッド 60 の第 1 のガス導入口 61 からシャワーヘッド 60 内に至り、ガス通路 63、65 を経て吐出孔 67 から TiN 成膜チャンバ 151 内へ吐出される一方、 NH_3 ガス供給源 114 からの窒化ガスである NH_3 ガスが第 2 の N_2 ガス供給源 115 からの N_2 ガスとともに NH_3 ガス供給ライン 119 を介してシャワーヘッド 60 の第 2 のガス導入口 62 からシャワーヘッド 60 内に至り、ガス通路 64、66 を経て吐出孔 68 から TiN 成膜チャンバ 151 内へ吐出される。すなわち、シャワーヘッド 60 は、 TiCl_4 ガスと NH_3 ガスが独立して TiN 成膜チャンバ 151 内に供給されるポストミックスタイプとなっており、これらは吐出後に混合され反応が生じる。なお、バルブ 121 およびマスフローコントローラ 122 は

コントローラ 123 によって制御される。

【0027】

TiN 成膜チャンバ 151 の底壁 151b の中央部には円形の穴 85 が形成されており、底壁 151b にはこの穴 85 を覆うように下方に向けて突出する排気室 86 が設けられている。排気室 86 の側面には排気管 87 が接続されており、この排気管 87 には排気装置 88 が接続されている。そしてこの排気装置 88 を作動させることにより Ti 成膜チャンバ 51 内を、排気室 86 を介して所定の真空度まで均一に減圧することが可能となっている。

【0028】

サセプタ 52 には、ウェハ W を支持して昇降させるための 3 本（2 本のみ図示）のウェハ支持ピン 89 がサセプタ 52 の表面に対して突没可能に設けられ、これらウェハ支持ピン 89 は支持部 90 に支持されている。そして、ウェハ支持ピン 89 は、モータ等の駆動機構 91 により支持部 90 及び支持部 90 を支持する支持棒 93 を介して昇降される。例えば、支持ピン 89、支持部 90、及び／又は支持棒 93 は、アルミナ（Al₂O₃）等のセラミックや、石英材料により構成される。

【0029】

また、例えば、成膜にプラズマを用いる場合や、塩素系ガス等の帯電しやすい反応ガスを用いる場合といった、サセプタ 52 に形成した膜表面が帯電しやすい場合、ウェハ支持ピン 89 は、少なくともその表面が導電性材料により構成されるのが好ましい。また、当該導電性材料は、例えばニッケル（Ni）、ハステロイ（商標）等のクリーニングガスに対して腐食耐性の高い材料であることが望ましい。また、当該導電性材料は、例えばカーボン等を含む材料といった、導電性を有するセラミックス材料であってもよい。ウェハ支持ピン 89 の少なくとも表面が導電性材料により構成される場合、ウェハ支持ピン 89 は、少なくともウェハ支持ピン 89 がウェハ W に接触したときに、接地されるように構成されるのが望ましい。

【0030】

Ti 成膜チャンバ 51 の側壁には、ウェハ搬送室 5 との間でウェハ W の搬入出を行うための搬入出口 92 と、この搬入出口 92 を開閉するゲートバルブ G とが設けられている。なお、本実施形態において Ti 成膜チャンバ 51 は、Ti 成膜チャンバ 51 の上部に高周波電源が接続されたプラズマ CVD であり、その他については TiN 成膜チャンバ 151 と同様の構成を有する。

【0031】

図 3 は、ウェハ昇降機構の他の例を示す図である。本例においてウェハ昇降機構は、ウェハ支持ピン 89、支持部 90、支持棒 93、及び除電ピン 94 を有して構成される。ウェハ支持ピン 89 及び支持部 90 は、例えば、Al₂O₃、窒化アルミニウム（AlN）等のセラミック材料や、石英材料により構成されている。また、支持棒 93 及び除電ピン 94 は、少なくとも表面が、例えば、Ni、ハステロイ等の Ni 合金の導電性材料により構成されている。また、除電ピン 94 は、一部がサセプタ 52 に接触可能に設けられており、少なくとも除電ピン 94 がサセプタ 52 に接触している場合において接地されるように構成される。この場合、除電ピン 94 は、サセプタ 52 におけるウェハ W が載置される面と反対の面に接触可能に構成されるのが望ましい。また、ウェハ支持ピン 89 及び支持部 90 も少なくとも表面が導電性材料により構成され、除電ピン 94 と電気的に接続されるのが好ましい。

【0032】

図 3 (a) から (c) に示す例において、除電ピン 94 は、その一部が支持棒 93 の内部に収納可能に構成されている。また、除電ピン 94 は、ウェハ支持ピン 89 が昇降する方向において、支持部 90 から一部が突出するように構成されている。除電ピン 94 は、除電ピン 94 がサセプタ 52 に接触していない場合における除電ピン 94 とサセプタ 52 との間隔が、当該場合におけるウェハ支持ピン 89 とウェハ W との間隔より狭くなるように構成されるのが望ましい。すなわち、ウェハ支持ピン 89 をウェハ W に近づく方向に移

動させる動作において、ウェハ支持ピンがウェハWに接触するよりも先に除電ピン94がサセプタ52に接触するように構成されるのが望ましい。

【0033】

また、除電ピン94は、除電ピン94が支持棒93の内部に収納される方向において力を受けた場合、当該内部に収納され、当該力を受けなくなった場合、当該内部から再度突出するように構成されている。例えば、除電ピン94は、支持棒93の内部において弾性体により支持されている。

【0034】

次に、ウェハ昇降機構の動作について説明する。ウェハWに対するTiN膜の成膜が終了すると、ウェハ支持ピン89及び除電ピン94は、それぞれウェハW及びサセプタ52から所定の距離隔てた位置にある(図3(a))。すなわち、ウェハ支持ピン89及び除電ピン94は、それぞれウェハW及びサセプタ52に接触していない。

【0035】

駆動機構91が、ウェハ支持ピン89をウェハWに近づける方向に移動させると、まず、除電ピン94がサセプタ52に接触する(図3(b))。サセプタ52の表面には、ウェハWにTiN膜を成膜する工程においてTiN膜が成膜されているため、接地された除電ピン94を介してサセプタ52及びウェハWに蓄積した電荷が除去される。そして、駆動機構91が、ウェハ支持ピン89をさらに当該方向に移動させると、ウェハ支持ピン89は、ウェハWに接触した後、ウェハWをサセプタ52から持ち上げ保持する。(図3(c))。

【0036】

図3(d)に示す例では、除電ピン94は弾性体により構成される。除電ピン94は、弾性を有する導電性材料により構成されてもよく、また、同図に示すように導電性材料により例えばバネ形状等の弾性を有する形状に構成されてもよい。本例の除電ピン94は、ウェハ支持ピン89の昇降方向において弾性を有するように支持部90上に設けられている。

【0037】

本例においても、除電ピン94は、除電ピン94がサセプタ52に接触していない場合における除電ピン94とサセプタ52との間隔が、当該場合におけるウェハ支持ピン89とウェハWとの間隔より狭くなるように設けられるのが望ましい。本例のウェハ昇降機構は、図3(a)から(c)において説明した例と同様に動作する。

【0038】

以上の例によれば、接地された除電ピン94をサセプタ52に接触させるため、サセプタ52に蓄積された電荷を放電することができる。したがって、ウェハWとサセプタ52との間、又は、ウェハWとサセプタ52の表面のTiN膜との間の電位差をきわめて低くすることができるため、ウェハW上に形成された素子の静電破壊を抑えることができる。

【0039】

次に、本実施形態のTiN膜の成膜方法について説明する。以下において、Ti成膜装置1又は2においてウェハWにTi膜を成膜した後、TiN成膜装置3においてTiN膜を成膜する場合を例に説明する。

【0040】

図4は、TiN膜の成膜方法の第1実施形態を示すフローチャートである。Ti成膜装置1又は2においてウェハWにTi膜を成膜した後、ウェハ搬送装置12がTi成膜装置1又は2内からウェハ搬送室5へウェハWを取り出す。また、排気装置88がTiN成膜チャンバ151内を真空排気することにより、TiN成膜チャンバ151内を所定の圧力にする。次に、ゲートバルブGを開放し、ウェハ搬送装置12が、ウェハ搬送室5から搬入出口92を介してウェハWをTiN成膜チャンバ151内へ搬入する(ステップ500)。

【0041】

次に、TiN成膜チャンバ151内にN₂ガス及びNH₃ガスを供給するとともに、ヒー

タ55を加熱することによりウェハWを予備加熱する。加熱されたウェハWが所定の温度に略安定し、プリフローライン124を介してTiCl₄のプリフローを行った後、TiCl₄ガスはTiCl₄供給ライン177を、NH₃ガスはバルブ121を、また、N₂ガスはN₂ガス供給ライン118及び120を介して、TiN成膜チャンバ151に供給する。このとき、TiN成膜チャンバ151に供給するTiCl₄及びNH₃の流量は、ウェハW上におけるTiCl₄とNH₃との反応が供給律速となるように設定される。すなわち、ウェハW上においてTiCl₄とNH₃とが供給律速領域において反応するように、NH₃に対するTiCl₄の分圧比が設定される。そして、所定の温度に加熱されたウェハWにおいてTiCl₄ガスとNH₃ガスとが反応することにより、ウェハWのTi膜上に第1のTiN膜が成膜される(ステップ510)。

【0042】

本実施形態では、ウェハW上におけるTiCl₄とNH₃との反応が供給律速となるように、NH₃とTiCl₄との流量比がNH₃/TiCl₄が60以下に設定される。好ましくは、NH₃とTiCl₄との流量比は、NH₃/TiCl₄が2.5~15の範囲に設定され、より好ましくは5~7.5の範囲に設定される。また、この場合において、TiCl₄の流量は6~18sccmに、また、NH₃の流量は45~90sccmの範囲で設定されるのが好ましい。TiN成膜チャンバ151の内部圧力は、0.3~10Torr(3.94×10⁻⁴~1.32×10⁻²気圧)、好ましくは、1~8Torr(1.32×10⁻³~1.06×10⁻²気圧)の範囲で設定される。また、ウェハWの温度は、350~700℃の範囲で設定される。

【0043】

第1のTiN膜を成膜した後、TiN成膜チャンバ151に窒素原子を含むガスの一例であるNH₃を供給することにより、第1のTiN膜をアニールしてもよい。例えば、TiN成膜チャンバ151に供給されるNH₃ガスの流量は45~90sccmの範囲で設定され、TiN成膜チャンバ151の内部圧力は0.3~10Torr(3.94×10⁻⁴~1.32×10⁻²気圧)、好ましくは、1~8Torr(1.32×10⁻³~1.06×10⁻²気圧)の範囲で設定される。また、ウェハWの温度は350~700℃に設定され、好ましくは500~600℃程度の温度に加熱する。これにより、第1のTiN膜に含まれる塩素濃度をさらに低減させることができるため、抵抗率が低く、バリア性の良好なTiN膜を得ることができる。

【0044】

本実施形態では、窒素原子を含むガスとしてNH₃ガスにより第1のTiN膜をアニールしているが、他の実施形態として窒素原子を含むガスとして、窒素ガスやモノメチルヒドラジンガスを用いてもよく、また、例えば水素ガス等の水素原子を含むガスにより第1のTiN膜をアニールしてもよい。また、本実施形態では第1のTiN膜の成膜及びアニールをTiN成膜チャンバ151、すなわち、同一のチャンバにおいて行っているが、他の実施形態として第1のTiN膜を成膜した後、ウェハWを他のチャンバに搬入し、当該アニールを行ってもよい。

【0045】

次に、TiN成膜チャンバ151に供給するTiCl₄及びNH₃の流量を、ウェハW上におけるTiCl₄とNH₃との反応が反応律速となるように変化させる。すなわち、ウェハW上においてTiCl₄とNH₃とが反応律速領域において反応するように、NH₃に対するTiCl₄の分圧比を変化させる。具体的には、当該分圧比が、第1のTiN膜を成膜するステップ(ステップ500)における分圧比より高くなるように、TiCl₄及びNH₃の流量を設定する。そして、所定の温度に加熱されたウェハWにおいてTiCl₄ガスとNH₃ガスとが反応することにより、ウェハWの第1のTiN膜上に第2のTiN膜が成膜される(ステップ520)。第2のTiN膜は、第1のTiN膜より厚く形成されるのが望ましい。

【0046】

本実施形態では、ウェハW上におけるTiCl₄とNH₃との反応が反応律速となるよう

に、 NH_3 と TiCl_4 との流量比が $\text{NH}_3/\text{TiCl}_4$ が16以下に設定される。好ましくは、 NH_3 と TiCl_4 との流量比は、 $\text{NH}_3/\text{TiCl}_4$ が0.3~10の範囲に設定され、より好ましくは0.7~5の範囲に設定される。また、この場合において、 TiCl_4 の流量は9~130 sccmに、また、 NH_3 の流量は45~90 sccmの範囲で設定されるのが好ましい。 TiN 成膜チャンバ151の内部圧力は、0.3~10 Torr ($3.94 \times 10^{-4} \sim 1.32 \times 10^{-2}$ 気圧)、好ましくは、1~8 Torr ($1.32 \times 10^{-3} \sim 1.06 \times 10^{-2}$ 気圧)の範囲で設定され、好ましくは、1~5 Torr ($1.32 \times 10^{-3} \sim 6.6 \times 10^{-3}$ 気圧)に設定される。また、ウェハWの温度は、350~700℃の範囲で設定される。

【0047】

第2の TiN 膜を成膜した後、 TiCl_4 及び NH_3 の供給を停止し、図示しないパージラインから N_2 ガスをパージガスとして TiN 成膜チャンバ151に所定の流量で供給することにより、 TiN 成膜チャンバ151内をパージし、 TiN 成膜チャンバ151内の残留ガスを除去する。 TiN 成膜チャンバ151内をパージした後、 N_2 ガス及び NH_3 ガスを TiN 成膜チャンバ151内に供給することにより、第2の TiN 膜をアニールしてもよい。この場合、第1の TiN 膜アニールするステップと同様の条件で第2の TiN 膜をアニールするのが好ましい。これにより、第1の TiN 膜に含まれる塩素濃度をさらに低減させることができるため、抵抗率が低く、バリア性の良好な TiN 膜を得ることができる。

【0048】

図5は、 TiCl_4 分圧に対する TiN 膜の成長速度を示す図である。同図に示すように、 TiN 成膜チャンバ151に供給される NH_3 の流量を一定にした状態で、 NH_3 に対する TiCl_4 の分圧を増加させると、 TiN 膜の成長速度は、 TiCl_4 の分圧が低い範囲において略一定の割合で増加する(同図の範囲I)。すなわち、 TiN 膜の成長速度は、範囲Iにおいて TiCl_4 の分圧に略比例して増加する。本実施形態において第1の TiN 膜は、 NH_3 に対する TiCl_4 の分圧が範囲Iに入るような流量で TiCl_4 及び NH_3 を TiN 成膜チャンバ151に供給することにより成膜される。

【0049】

また、 TiCl_4 の分圧を範囲Iから増加させると、 TiN 膜の成長速度は、 TiCl_4 の分圧に略比例して減少する。そして、さらに TiCl_4 の分圧を増加させると、 TiN 膜の成長速度は、 TiCl_4 の分圧によらず略一定となる(同図の範囲II)。本実施形態において第2の TiN 膜は、 NH_3 に対する TiCl_4 の分圧が範囲IIに入るような流量で TiCl_4 及び NH_3 を TiN 成膜チャンバ151に供給することにより成膜される。

【0050】

図6は、第1の TiN 膜及び第2の TiN 膜の好ましい成膜条件の一例を示す図である。図6(a)は第1の TiN 膜の成膜条件を、また、図6(b)は第2の TiN 膜の成膜条件を示す図である。

【0051】

図6(a)に示すように、第1の TiN 膜は、 NH_3 に対する TiCl_4 の分圧比が0.13から0.20程度となるような範囲において、 TiN 成膜チャンバ151に TiCl_4 及び NH_3 を供給することにより成膜されるのが好ましい。この場合、制御部190は、 TiN 成膜チャンバ151の全圧を5 Torr (6.58×10^{-3} atm)程度に制御するのが好ましい。

【0052】

また、図6(b)に示すように、第2の TiN 膜は、 NH_3 に対する TiCl_4 の分圧比が0.20から1.50程度となるような範囲において、 TiN 成膜チャンバ151に TiCl_4 及び NH_3 を供給することにより成膜されるのが好ましい。この場合においても、制御部190は、 TiN 成膜チャンバ151の全圧を5 Torr程度に制御するのが好ましい。

【0053】

図7は、TiN膜の成膜方法の第2実施形態を示すフローチャートである。本実施形態の成膜方法は、第1のTiN膜を成膜するときのウェハWの温度が、第2のTiN膜を成膜するときのウェハWの温度よりも低い。また、本実施形態の成膜方法は、第1のTiN膜を所定のTiN成膜装置（チャンバ）で成膜した後、第2のTiN膜を他のTiN成膜装置において成膜する。以下、フローチャートを参照して本実施形態のTiN膜の成膜方法を説明する。

【0054】

まず、ウェハ搬送装置12が、ウェハ搬送室5から搬入出口92を介してウェハWをTiN成膜装置3内のTiN成膜チャンバ151に搬入する（ステップ500）。次に、TiN成膜チャンバ151内にN₂ガス及びNH₃ガスを供給するとともに、ヒータ55を加熱することによりウェハWを予備加熱する（ステップ502）。ウェハWは、200℃から400℃の範囲に加熱されるのが好ましく、さらに好ましくは、300℃から400℃の範囲で加熱される。加熱されたウェハWの温度が略安定した後、第1実施形態と同様に、TiCl₄とNH₃との反応が供給律速領域において第1のTiN膜をウェハW上に成膜する（ステップ510）。

【0055】

ウェハW上に第1のTiN膜を成膜した後、ウェハ搬送装置12は、TiN成膜装置3からウェハWを取り出し、TiN成膜装置4内のTiN成膜チャンバ151に搬入する（ステップ512）。次に、TiN成膜チャンバ151内にN₂ガス及びNH₃ガスを供給するとともに、ヒータ55を加熱することによりウェハWを予備加熱する（ステップ502）。ウェハWは、第1のTiN膜を成膜したときのウェハWの温度、すなわち、TiN成膜装置3内においてウェハWが加熱された温度より高い温度に加熱される。ウェハWは、400℃から700℃の範囲に加熱されるのが好ましく、さらに好ましくは、450℃から650℃の範囲で加熱される。加熱されたウェハWの温度が略安定した後、第1実施形態と同様に、TiCl₄とNH₃との反応が反応律速領域において第2のTiN膜をウェハW上に成膜する（ステップ520）。

【0056】

本実施形態では、第1のTiN膜及び第2のTiN膜をそれぞれ異なるTiN成膜装置において成膜しているが、他の例では、同一のTiN成膜装置においてウェハWの加熱温度を変えることにより、第1のTiN膜及び第2のTiN膜を成膜してもよい。この場合、ウェハW（又はサセプタ52）は、昇温及び／又は降温が高速なランプ加熱により加熱されるのが好ましい。

【0057】

以上の例においては、第1のTiN膜を成膜するステップ及び第2のTiN膜を成膜するステップにおいて、TiCl₄及びNH₃の流量を制御することにより、それぞれ供給律速領域及び反応律速領域においてTiN膜を成膜しているが、他の例においては、チャンバ内の圧力やウェハWの温度等の他のプロセスパラメータを制御することにより、供給律速領域及び反応律速領域においてTiN膜を成膜してもよい。

【0058】

図8は、本実施形態の成膜方法により成膜された第1のTiN膜24及び第2のTiN膜25を備えた半導体装置の一部を示す断面図である。

【0059】

図8（a）は、コンタクトホール22を有する半導体装置の一部を示す断面図である。本例の半導体装置は、下地層20、層間絶縁膜21、コンタクトホール22、Ti膜23、第1のTiN膜24、及び第2のTiN膜25を有して構成される。コンタクトホール22は、下地層20に達するように層間絶縁膜21に形成されている。下地層20へのコンタクト層としてTi膜23が、コンタクトホール22の内壁及び層間絶縁膜21上に形成されており、バリア層として第1のTiN膜24及び第2のTiN膜25が、本実施形態の成膜方法によりTi膜23上に形成されている。第2のTiN膜25上に、AlやW等の金属膜を成膜することにより、半導体装置を構成する配線層を形成するとともにコン

タクトホール 22 を埋め込む。下地層 20 は、例えば、金属層、多結晶 Si 等の半導体層、コバルトシリサイド (CoSi) やニッケルシリサイド (NiSi) 等のシリサイド層等である。

【0060】

図 8 (b) は、電界効果型トランジスタを有する半導体装置の一部を示す断面図である。本例の半導体装置は、下地層 20、ゲート誘電膜 26、第 1 の TiN 膜 24、及び第 2 の TiN 膜 25 を有して構成される。下地層 20 は、ソース及びドレイン並びにチャネルが形成された半導体層であり、当該チャネル上にゲート誘電膜 26 が形成されており、ゲート電極として第 1 の TiN 膜 24 及び第 2 の TiN 膜 25 が、本実施形態の成膜方法によりゲート誘電膜 26 上に形成されている。ゲート誘電膜 26 は、例えば酸化ハフニウム (HfO₂) 等の高誘電体材料からなる膜であることが望ましい。

【0061】

図 8 (c) は、キャパシタを有する半導体装置の一部を示す断面図である。本例の半導体装置は、層間絶縁膜 21、キャパシタを構成する下部電極 27、キャパシタ誘電膜 28、第 1 の TiN 膜 24、及び第 2 の TiN 膜 25 を有して構成される。下部電極 27 は、例えば多結晶 Si 等の導電体により層間絶縁膜 21 上に形成されている。下部電極 27 の表面及び層間絶縁膜 21 上にキャパシタ誘電膜 28 が形成されており、上部電極として第 1 の TiN 膜 24 及び第 2 の TiN 膜 25 が、本実施形態の成膜方法により誘電体膜 26 上に形成されている。

【0062】

上記発明の実施の形態を通じて説明された実施例や応用例は、用途に応じて適宜に組み合わせ、又は変更若しくは改良を加えて用いることができ、本発明は上述した実施形態の記載に限定されるものではない。そのような組み合わせ又は変更若しくは改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図 1】 本実施形態に係る成膜方法を実施する Ti 成膜装置及び TiN 成膜装置が搭載されたマルチチャンバタイプの成膜システム 100 を示す概略構成図である。

【図 2】 TiN 成膜装置 3 を示す断面図である。

【図 3】 ウェハ昇降機構の他の例を示す図である。

【図 4】 TiN 膜の成膜方法の第 1 実施形態を示すフローチャートである。

【図 5】 TiC14 分圧に対する TiN 膜の成長速度を示す図である。

【図 6】 第 1 の TiN 膜及び第 2 の TiN 膜の成膜条件の一例を示す図である。

【図 7】 TiN 膜の成膜方法の第 2 実施形態を示すフローチャートである。

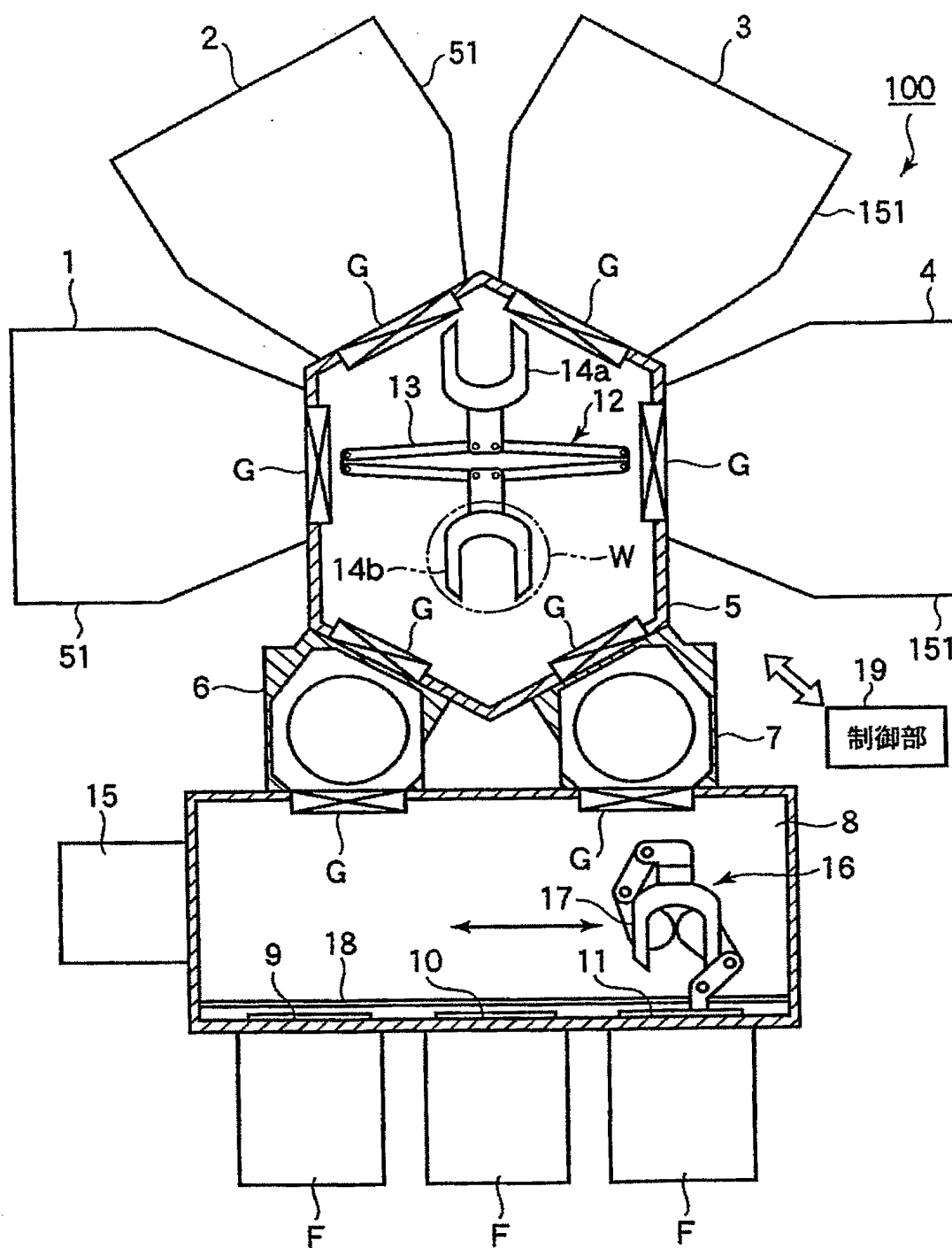
【図 8】 本実施形態の成膜方法により成膜された第 1 の TiN 膜 24 及び第 2 の TiN 膜 25 を備えた半導体装置の一部を示す断面図である。

【符号の説明】

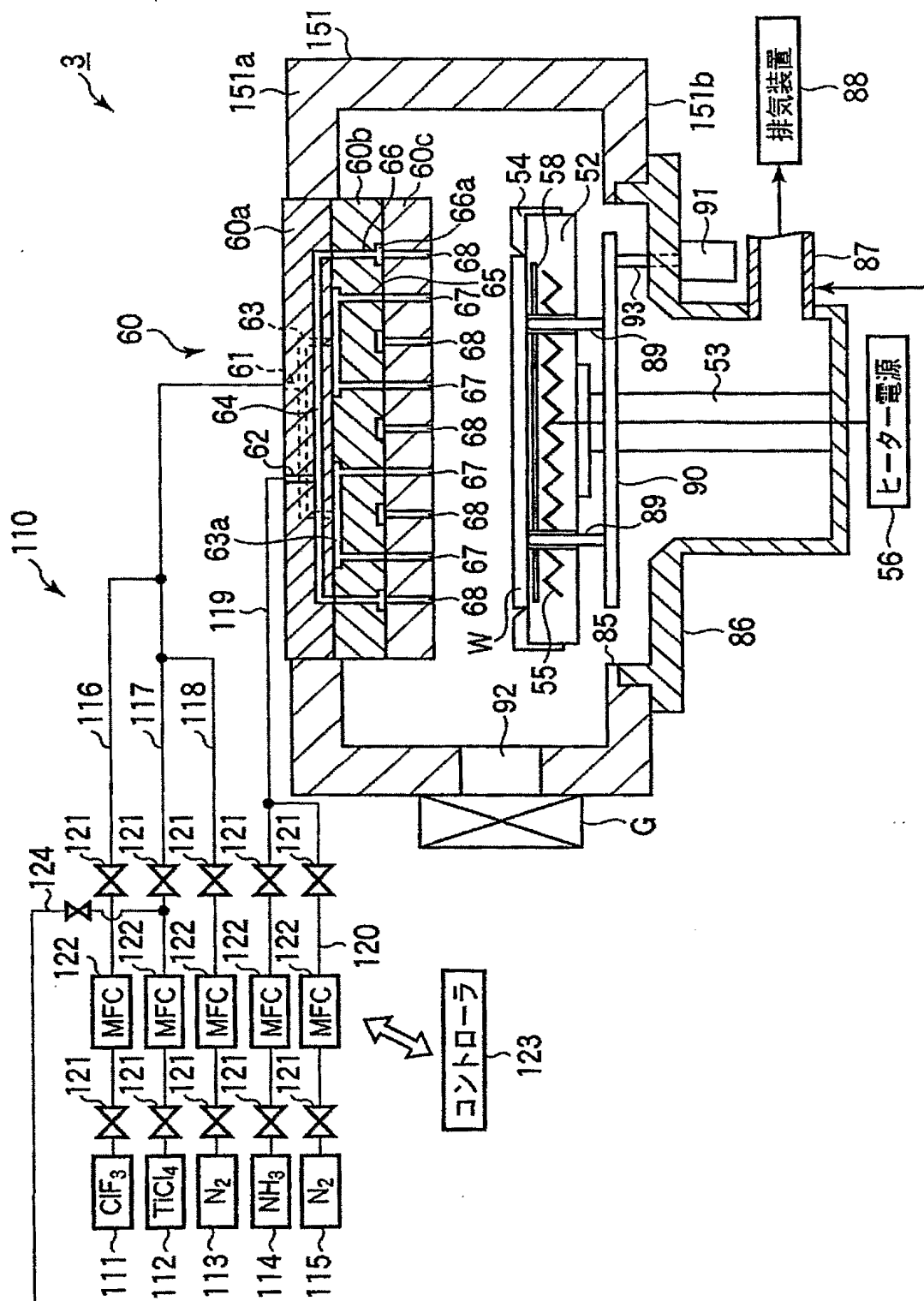
【0064】

1、2・・・Ti 成膜装置、3、4・・・TiN 成膜装置、5・・・ウェハ搬送室、6・・・ロードロック室、8・・・ウェハ搬入出室、9・・・ポート、16・・・ウェハ搬送装置、19・・・制御部、51・・・Ti 成膜チャンバ、52・・・サセプタ、55・・・ヒータ、60・・・シャワーヘッド、89・・・ウェハ支持ピン、90・・・支持部、91・・・駆動機構、92・・・搬入出口、93・・・支持棒、94・・・除電ピン、96・・・ヒータ、97・・・ヒータ電源、100・・・成膜システム、151・・・TiN 成膜チャンバ、190・・・制御部

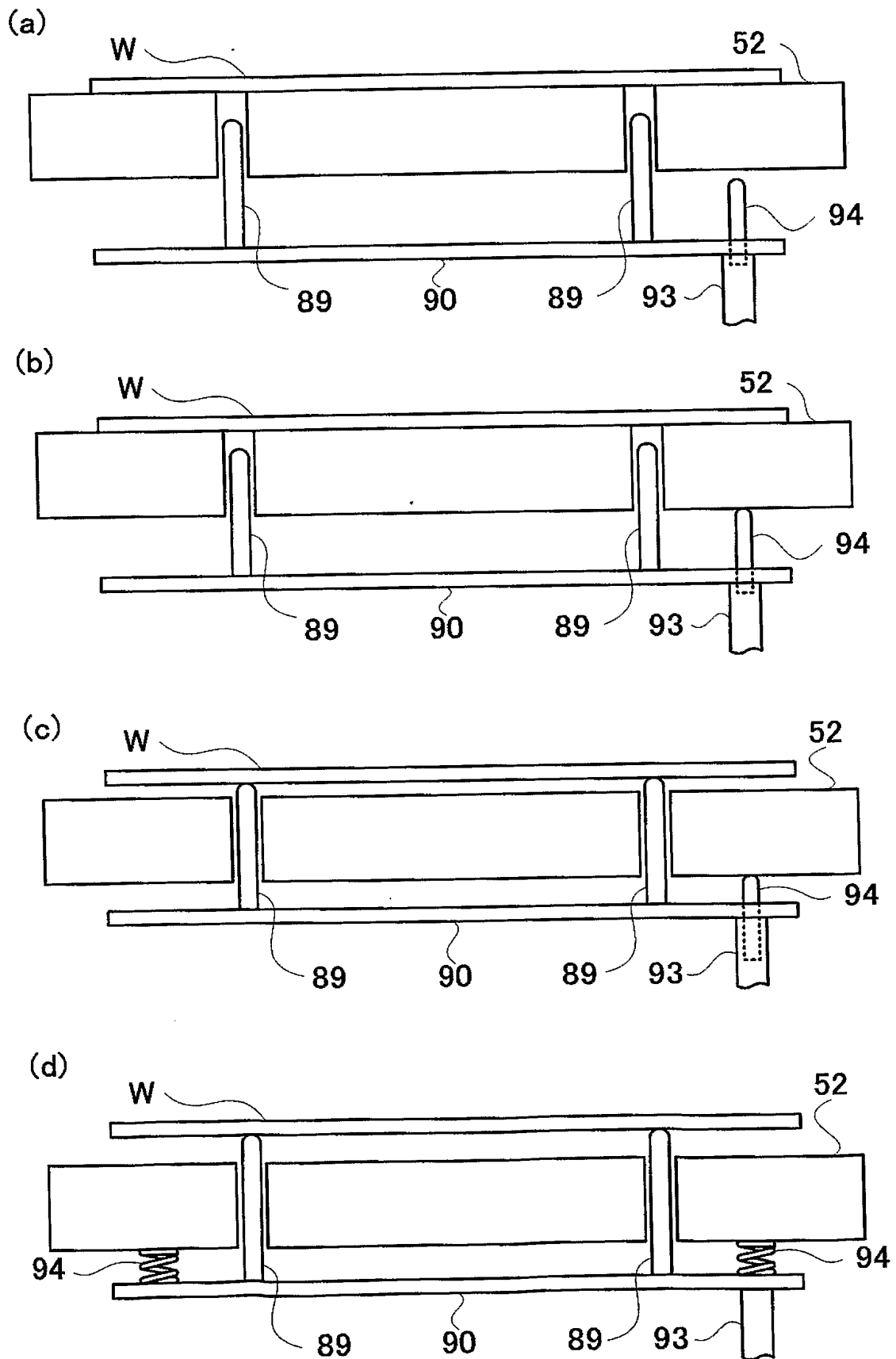
【書類名】 図面
【図 1】



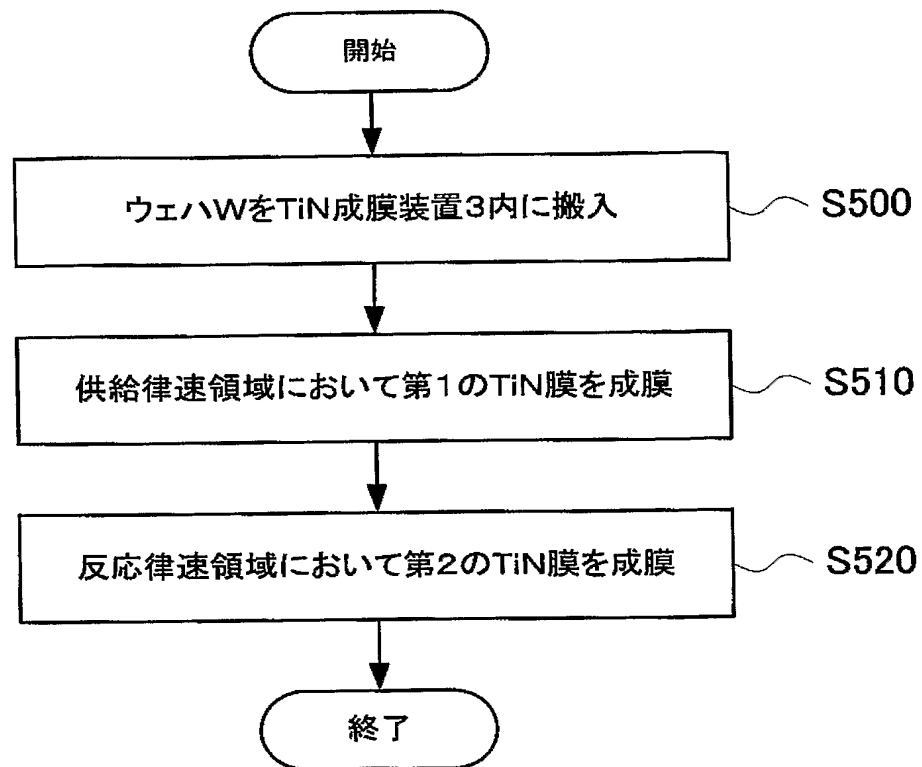
【図 2】



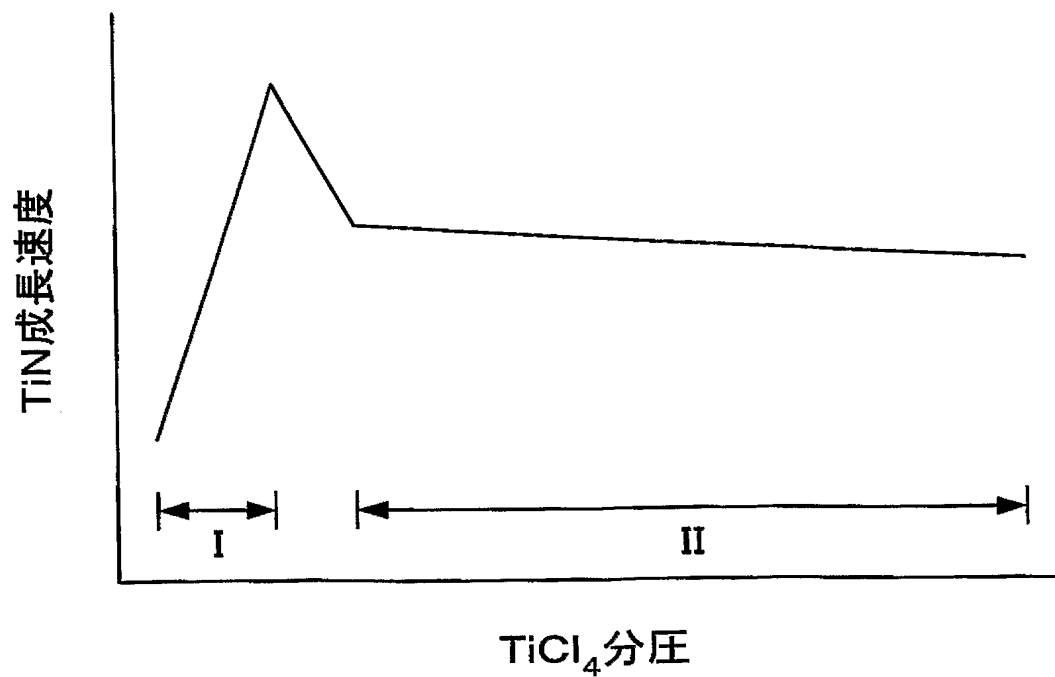
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

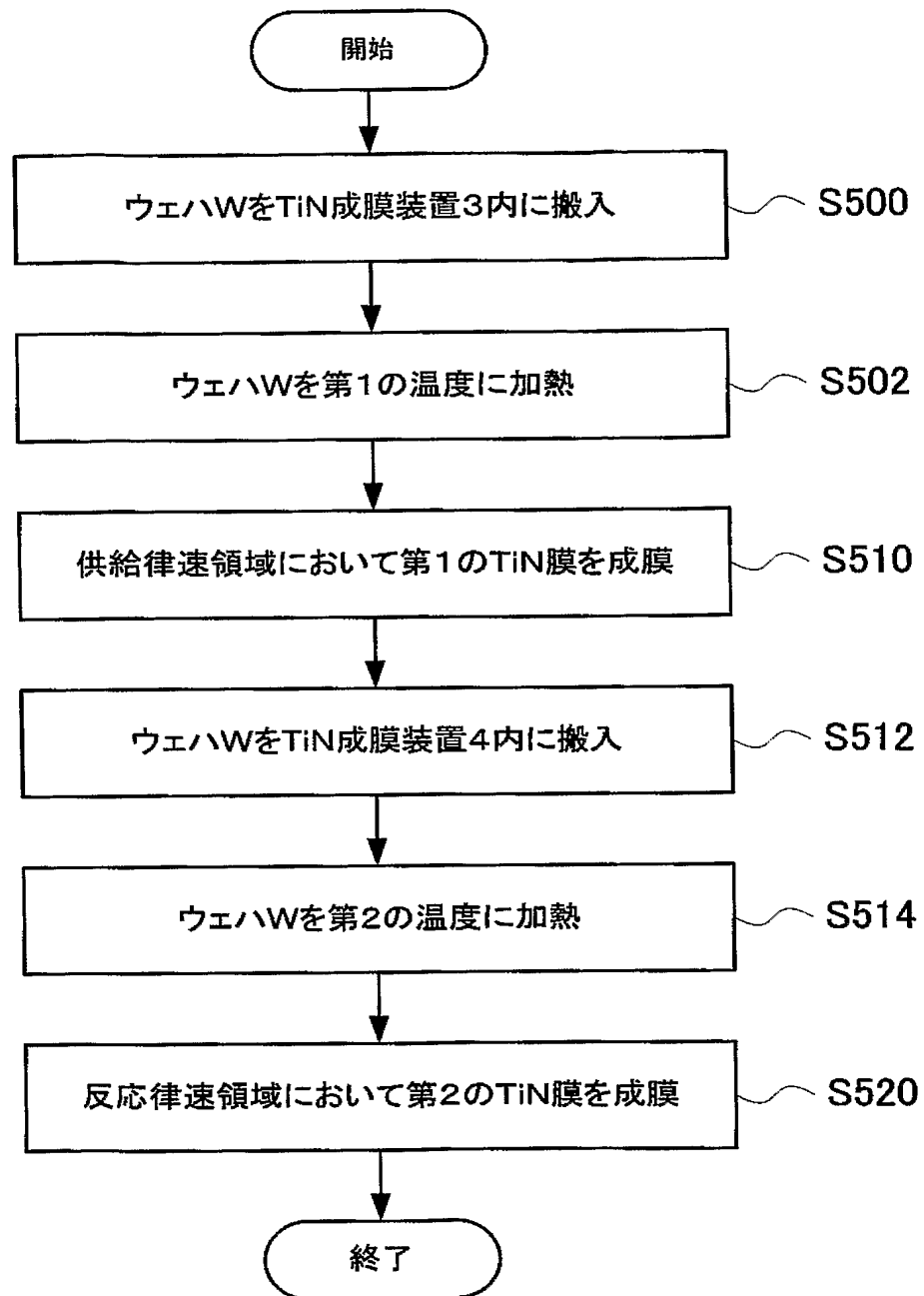
(a)

全圧 (Torr)	全流量 (sccm)	NH ₃ 流量 (sccm)	TiCl ₄ 流量 (sccm)	分圧比
5	800	45	6.0~9.0	0.13~0.20
5	1100	60	8.0~12	0.13~0.20
5	1600	90	12~18	0.13~0.20

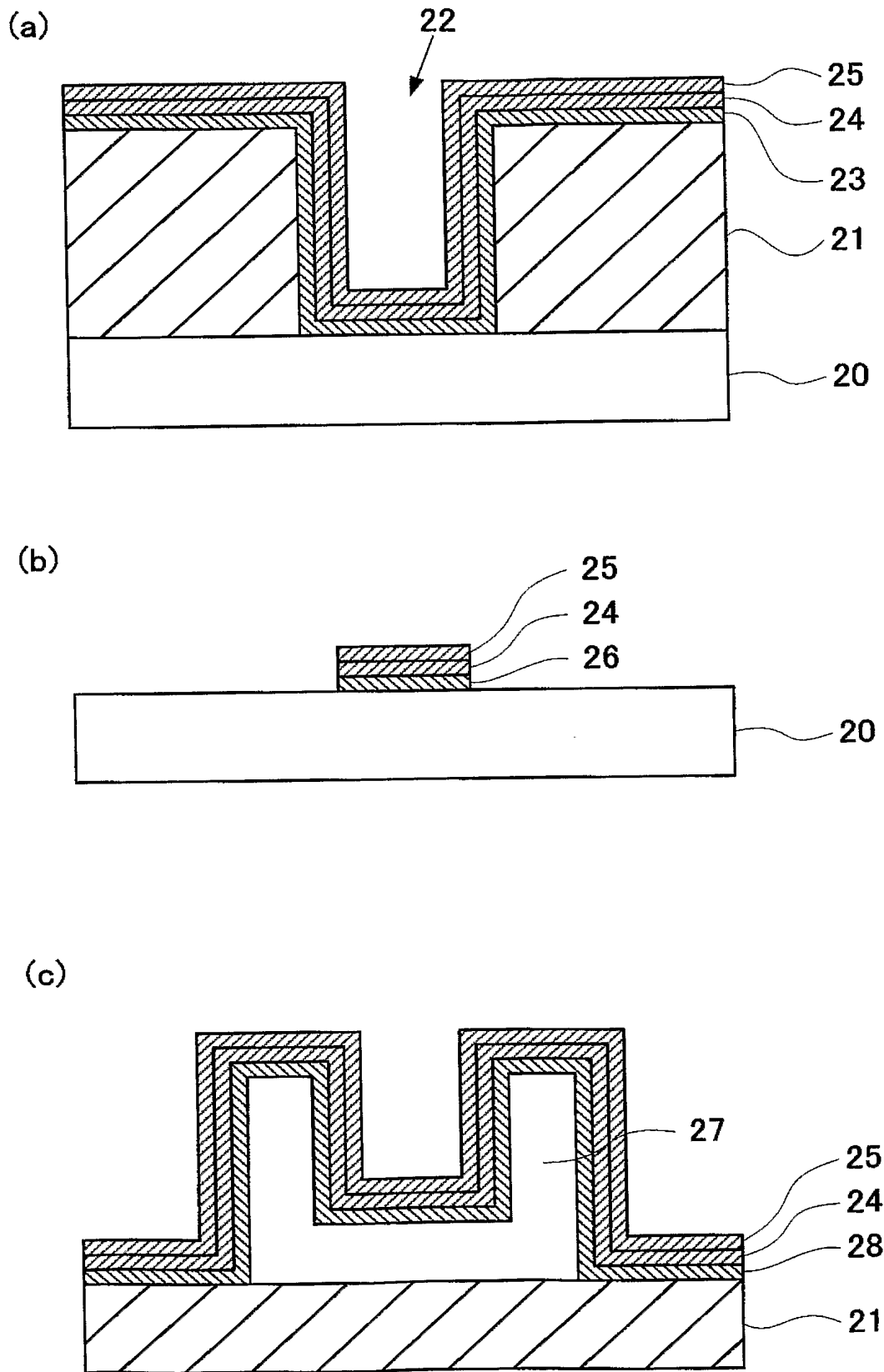
(b)

全圧 (Torr)	全流量 (sccm)	NH ₃ 流量 (sccm)	TiCl ₄ 流量 (sccm)	分圧比
5	800	45	9.0~65	0.20~1.44
5	1100	60	12~90	0.20~1.50
5	1600	90	18~130	0.20~1.44

【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 下地層の腐食の少ない T i N 膜の成膜方法を提供する。

【解決手段】

四塩化チタンとアンモニアを反応させることにより、被処理基板上に窒化チタン膜を成膜する成膜方法であって、四塩化チタンとアンモニアを供給律速領域において反応させることにより、被処理基板上に第 1 の窒化チタン層を形成する第 1 のステップと、四塩化チタンとアンモニアを反応律速領域において反応させることにより、第 1 の窒化チタン層上に第 2 の窒化チタン層を形成する第 2 のステップとを備えた成膜方法。

【選択図】 図 4

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 4 3 4 8 6 0
受付番号	5 0 3 0 2 1 5 2 1 1 9
書類名	特許願
担当官	第六担当上席 0 0 9 5
作成日	平成 1 6 年 1 月 5 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】

平成15年12月26日

特願 2 0 0 3 - 4 3 4 8 6 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 2 1 9 9 6 7]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 4 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号

氏 名

東京エレクトロン株式会社